Shuttle Breeding을 통한 벼 내냉성 유전자원 ‘중모1022’ 육성

김정주¹ · 정응기^{1*} · 정종민¹ · 이정희² · 조영찬¹ · 정오영¹ · 서대하¹

¹농촌진흥청 국립식량과학원, ²농촌진흥청 기획조정관실

Development of Cold Tolerance Genetic Resource ‘Jungmo1022’ through Shuttle Breeding in Rice

Jeong-Ju Kim¹, Eung-Gi Jeong^{1*}, Jong-Min Jeong¹, Jeong-Heui Lee², Young-Chan Cho¹, O-Young Jeong¹, and Dae-Ha Seo¹

¹National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 54875, Republic of Korea

²Planning and Coordination Bureau, RDA, Wanju 54875, Republic of Korea

Abstract ‘Jungmo1022’, a japonica rice cultivar, was developed by a cross between ‘Jinbu31’ (IT212616) and ‘Gyodong23’ (IT213764) by the rice breeding team at the National Institute of Crop Science, Korea, in 2000. ‘Jinbu31’ is tolerant to cold, and ‘Gyodong23’ is early maturing with high yield potential. The growth period of ‘Jungmo1022’ in paddy fields was 116 days on the North-middle highland in Korea, shorter than that of ‘Jinbu’. The culm length of ‘Jungmo1022’ was 67 cm, which was 2 cm shorter than that of ‘Jinbu’. There were 91 spikelets per panicle in ‘Jungmo1022’. The elite line was developed by shuttle breeding in a cold screening field at Chuncheon and highland Jinbu sites in order to screen for cold tolerant varieties. Forty-five lines with more than 50% fertility were selected from the F₂ generation in the cold screening field, and the line SR28990-B-2-2-2 was selected by the pedigree breeding method through F₃-F₇ generations cultivated on the North-middle highland in Jinbu. During the yield trial conducted in 2008-2009 yield trial, an early heading, high-yielding, and cold tolerant line ‘Jinbu 48’ was selected for the local adaptability tests conducted from 2010 to 2012. The early maturing and cold-tolerant ‘Jinbu 48’ was superior to ‘Jinbu’ in exhibiting shorter heading delay, reduced culm length, and spikelet fertility under cold temperature. The new line showed a milled rice productivity of 5.69 MT/ha at Jinbu sites under North-middle highland cultivation and was registered as a new cultivar ‘Jungmo1022’ (Registration No. 5563).

Keywords rice, cold tolerance, genetic resources, Jungmo1022

Received on March 18, 2020. Revised on March 31, 2020. Accepted on May 18, 2020.

* Corresponding Author (E-mail: egjeong@korea.kr, Tel: +82-33-254-6328, Fax: +82-254-6360)

서 언

벼는 생육기간 중 저온에 대한 stress 반응은 생육시기별로 다르게 나타나며 저온 피해로 생육이 저조하고, 출수가 지연되며, 불임이 발생하거나 등숙에 장애를 받아 쌀의 품질이나 수량이 낮아진다(Lee et al. 1989). 또한 쌀 품질과 등숙기간의 기상과는 밀접한 관계가 있으며, 생식생장기 저온은 쌀의 단백질 함량을 증가시키고, 최고점도와 강하점도를 감소시키며, 밥의 식미를 저하시킨다고 하였다(Jeong et al. 1997). 벼의 내냉성 정도가 다른 품종을 냉수처리 포장에 공시하여 쌀 품질 특성을 자연구와 비교한 결과, 내냉성이 약한 품종이 단백질 함량이 높고, Toyo-식 미계를 이용한 밥의 윤기치가 낮은 경향이라고 보고하였다(Kim

et al. 2006).

국내 육성 벼 품종 중에서 산간지나 고랭지에서 재배 가능한 내냉성 품종으로 ‘진부’(Cho et al. 1993)가 있으며, 최근에 육성된 품종으로 내냉성이 있으며 쌀 품질이 개선된 ‘진한’(Hyun et al. 2019) 품종이 있으나 벼의 생육시기에 따라 내냉성의 정도는 강하게 또는 약하게 반응하였다. 우리나라 중북부 산간지나 고랭지는 표고 및 지형이 다양하고 기상의 변화가 심하여 이들 지역에서 안전재배가 가능한 고품질 내냉성 품종의 개발이 필요한 실정이다. 본 연구에서는 국립식량과학원 춘천출장소에서 냉수를 이용한 내냉성 검정과 국내에서 벼 계통육성 포장 중 가장 높은 지대인 진부시험지 포장에서(표고 567 m) shuttle breeding을 통해 육성된 계통으로 숙기가 빠른 극조생종이며, 벼를 재배하

는 생육기간 중에 저온 stress에 강한 내냉성 유전자원 '중모1022호'를 육성하였기에 그 육성 경위 및 주요 특성을 보고하고자 한다.

재료 및 방법

본 시험에서 공시된 '진부48호'는 내냉성 품종을 육성하기 위해 2000년도에 내냉성이 강한 '진부31호'와 중국의 동북지역에서 수집된 숙기가 빠른 극조생 유전자원 '교동23호'를 인공교배하여 육성된 계통이다. 2008~2009년까지 진부에서 생산력검정을 실시했으며, 2010~2012년 3년간 중북부고랭지 진부와 중북부산간지 철원 지역에서 보통기 보비재배로 대비품종을 '진부'로 비교 검토하였다(RDA 2011a, 2012a, 2013). 공시계통은 4월 20일에 파종하였고 이앙은 5월 20일에 재식거리 30 × 12 cm로 주당 5본씩 이앙하였다. 시비량은 N-P₂O₅-K₂O를 각각 성분량으로 10-6.4-7.8 kg/10a를 사용하였다. 질소는 기비로 80%, 분얼비로 20%를 분시 하였고, 인산은 전량을 기비로, 칼리는 기비 70%, 수비 30%로 나누어 사용하였다.

내냉성 검정은 이앙 후 20일부터 등숙기까지 입수구의 수온을 17℃, 수심은 5 cm로 주야 계속 흘러대기로 저온 처리 하였으며, 동일 포장에 대조구인 자연수온구를 별도로 재배하여 냉수처리구와 비교될 수 있도록 하였다. 저온 처리를 하면서 나타나는 내냉성 관련 형질의 조사는 적고발생정도, 간장단축률, 출수지연일수, 이삭추출도 등을 조사하였다. 간장단축률은 냉수처리구와 자연구의 간장을 측정하여 자연구에 비하여 처리구의 간장이 단축된 정도를 백분율로 환산하였고, 출수지연일수는 냉수처리구와 자연구의 출수기를 조사하여 지연일수를 계산하였으며, 이삭추출도는 냉수구 포장에서 이삭이 추출되는 정도를 1~9까지 달관 조사 하였다. 장해형냉해를 검정하기 위하여, 자연조건에서 와그너10 포트(1/5000a)에 재배하면서 감수분열기(지엽이 5~10 cm)에 기온과 수온이 17℃ 조건의 저온 온실에서 10일간 10 cm 깊이로 저온 처리한 후에 다시 자연조건에서 재배하였고, 냉해 피해 수준은 입실률을 조사하여 측정하였다.

저온 발아성을 검정하기 위하여 선별된 벼 100립을 샤페어 거름종이를 깔아 파종하고 벼알이 1/3정도 잠기게 증류수를 넣어 치상하였다. 생육상은 13℃로 유지하면서 수시로 벼알이 마르지 않도록 수분을 공급하였다. 저온발아성에서 발아 조사는 유근이 돌출한 것을 기준으로 하여 2일 간격으로 15일간 실시하고, 발아율은 파종한 벼에 대한 발아된 벼알수를 백분율로 환산하였다. 유묘 내냉성 검정은 일반적인 기계이앙 상자에 선별된 종자를

파종하여 본엽 2~3엽기에 13℃의 물을 10일간 처리하여 적고정도를 1~9까지 달관 조사 하였다.

내냉성 품종 육성을 위한 Shuttle Breeding은 춘천의 내냉성 검점포장에서 냉수를 이용하여 2002년도에 F₂세대를 집단으로 공시하였다. 공시계통은 이앙 후 20일부터 등숙기까지 입수구의 수온을 19℃, 수심은 5 cm로 냉수를 주야 계속 흘러대기로 저온 처리 하였으며 성숙기에 포장에서 입실률이 50% 이상으로 보이는 계통을 선발하였다. 선발된 계통은 2003년부터 산간 고랭지 진부 포장에 공시하여 고정된 계통을 선발하여 '진부48호'로 계통명을 부여하고, '진부48호'는 2010~2012년까지 3년간 춘천의 내냉성 검정 포장과 진부와 철원에서 지역적응시험을 실시하였다. 기타 시험 포장의 재배 관리와 농업 형질, 수량구성요소 및 수량성은 농촌진흥청에서 발간한 신품종 개발 공동연구사업 조사 기준에 준하여 실시하였다(RDA 2010, 2011b, 2012b).

결과 및 고찰

육성 경위

'중모1022호'는 중북부 고랭지나 산간지역에 재배하기 안전한 숙기가 빠른 극조생종이며 내냉성이 강한 품종을 육성할 목적으로 2000년 하계에 영양생장기와 생식생장기에 내냉성이 강한 '진부31호(IT212616)'와 숙기가 빠른 극조생 유전자원 '교동23호(IT213764)'를 인공교배하여 교배번호 SR26862을 부여한 후, F₁ 세대 23개체를 양성하였다. 내냉성 품종을 육성하기 위해 shuttle Breeding으로 국립식량과학원 춘천출장소 내냉성 검정 포장에서 F₂ 세대 1,200개체를 집단으로 전개하여 냉수를 주야 계속 흘러대기로 저온 처리하고 포장에서 임성이 50% 이상이고 초형이 우수해 보이는 45계통을 선발 하였다. F₃세대부터 F₇까지는 우리나라 벼 육성지 중에서 지대가 가장 높은 곳으로 벼 재배기간에 외부 기온이 낮은 진부시험지 포장에서 계통육종법으로 우량계통을 선발하여 F₇세대에 극조생이며 내냉성이 강한 SR26862-35-2-2-2계통을 최종적으로 선발하였다. 선발된 우량계통은 2008~2009년에 생산력검정시험을 실시한 결과 '진부'보다 출수기가 빠르고, 수량성도 높으며 내냉성이 강하여 '진부48호'로 계통명을 부여하였다. '진부48호'는 2010년부터 2012년까지 철원과 진부에서 지역적응시험을 실시한 결과 대비 품종인 '진부'보다 출수기는 7일 정도 빠른 극조생이며 내냉성 관련 형질인 출수지연일, 간장단축률, 장해형 냉해검정에서 입실률이 우수하였으나 밥맛이 '진부'보다 개선되지 못하여 2012년 12월 농촌진흥청 직무육성신품종선정위원회에서 극조생종 내냉성

^zPYT: Preliminary yield test
^yRYT: Replicated yield test
^xLAT: Local adaptability test

Fig. 1. Pedigree diagram of 'Jungmo1022'.

Fig. 2. Genealogical diagram of 'Jungmo1022'

유전자원 '중모1022호'로 명명되었다. '중모1022호'의 계통육성 과정은 Fig. 1과 같으며, 품종의 육성계보도는 Fig. 2와 같다.

주요 농업적 특성

'중모1022호'는 중북부 산간고령지인 진부지역 재배에서 이앙부터 성숙기까지의 분답생육일수가 116일로 대비품종 '진부'의 123일 보다 7일 빠른 극조생종이다. 포장에서 출수시부터 출수가 완료되는 수전일수는 6일로 대비 품종인 '진부' 보다 1일 빠르게 조사되었고, 출수부터 성숙기까지의 성숙일수가 46일로 '진부' 48일보다 성숙이 빨리 되는 전형적인 조생종의 특성을 가지고 있었다. '중모1022호'의 출수기는 7월 22일로 진부에서 육성된 극조생종 '진부울' 7월 21일 보다는 1일 늦으나 '운두'나 '둔내'보다 3~4일 빠른 극조생종 품종이다. '중모1022호'

간장은 67 cm로 '진부'의 69 cm보다 2 cm적은 단간이고, 이삭길이는 17 cm로 '진부'와 같았으며, 주당 이삭수가14개로 '진부'보다 1개 적었으나, 이삭당 벼알수는 91개로 '진부'의 73개보다 많은 수중형 품종의 특성을 가지고 있다. 등숙비율은 89.7%로 대비품종 '진부' 91.8% 보다는 적게 조사되었다(Table 1). '중모1022호'의 수량성은 2008~2009년 생산력검정시험에서 백미수량이 ha당 5.17톤으로 대비품종 '진부'의 4.91톤보다 5% 증수되는 수량성을 보였고(Table 2), 지역적응시험 3년간(2010~2012년) 실시한 결과 중북부산간지 철원지역에서 '중모1022호'의 쌀 수량은 ha당 4.74톤으로 '진부' 5.20톤의 91% 수준의 수량성을 보였다. 그러나 중북부고령지 진부지역에서는 '중모1022호'의 쌀 수량은 ha당 5.69톤으로 '진부' 쌀수량 5.62톤 보다 2% 증수 되는 수량성을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 인정되지 않았다(Table 3). '중모1022호'는 철원지역보다는 중북부고령지 진부지역에서 수량성이 높게 조사되어 성숙기가 빠른 극조생종으로 산간고령지 환경에서 적응성이 높은 육종소재로 유용할 것으로 기대된다.

저온 발아성 및 초기 신장성

우리나라에 직파 재배는 발아, 유묘의 신장, 출아 및 초기 생육 등의 여러 과정이 저온상태에서 진행된다. 벼의 발아율은 품종간 차이가 발아 최적 온도 범위에서 확실하지 않으나 저온조

건에서는 차이가 난다고 하였다(Lee 1970). 일반적으로 벼 종자의 발아 최저온도는 10~12℃ 이고, 최고온도는 36~38℃ 사이이며, 최적온도는 30~32℃ 사이로 알려져 있다(Nishiyama 1976). 13℃의 항온기에서 15일 후에 발아율을 조사하는 저온발아성은 '중모1022호'가 96%으로 대비품종 '진보' 79%보다는 높게 평가되었다. 또한 '중모1022호'의 초기 신장성은 양호한 편이었으며, 유묘기 내냉성검정으로 발아 후 본엽 2~3매부터 10일간 13℃의 수온에서 저온 처리한 유묘기 적고(1~9)는 4정도로 조사

되어 내냉성이 강하다는 대비품종 '진부'와 비슷한 정도의 유묘 내냉성을 갖고 있는 것으로 판단된다(Table 4).

내냉성 관련 특성

벼의 생육기간 중에 저온 stress에 의한 내냉성 관련 특성은 생육시기별로 다르게 나타난다. 영양생장기 저온에 대한 반응은 잎의 적고, 분얼수의 감소 및 초장의 생육억제 등 지연형 냉해가 발생되며, 생식생장기의 저온 stress에 의한 반응은 간장의 단축,

Table 1. Major agronomic traits and yield components.

Variety	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	No. of panicles /hill	No. of spikelets /panicle	Ratio of ripened grain (%)	Days of full heading ^z (day)	Days of growth in paddy field ^y (day)	Ripening period ^x (day)
Jungmo1022	67 ^{ns}	17 ^{ns}	14 ^{ns}	91 [*]	89.7 ^{ns}	6 ^{ns}	116 [*]	46 ^{ns}
Jinbu	69	17	15	73	91.8	7	123	48

^zDays from heading initiation to full heading

^ydays from transplanting to maturity

^xdays from heading to maturity

^{*}significant at 5% , ^{ns}not significant

Table 2. Yield trials 'Jungmo1022' at Jinbu site.

Variety	Milled rice yield (MT/ha)			
	'08	'09	Ave.	Index (A/B)
Jungmo1022	5.65	4.69	5.17 ^{ns}	105
Jinbu	5.24	4.57	4.91	100

^{ns}not significant

Table 3. Yield potential of 'Jungmo1022' by local adaptability test.

Region	Tested sites	Average milled rice yield (MT/ha)								Index (A/B)
		Jungmo1022				Jinbu				
		'10	'11	'12	Ave. (A)	'10	'11	'12	Ave. (B)	
NMH ^z	Jinbu	5.51	5.70	5.87	5.69 ^{ns}	5.68	5.52	5.66	5.62	102
MMP ^y	Cheolwon	4.58	4.85	4.79	4.74	5.54	4.89	5.19	5.20	91

^zNMH: North-middle highland

^yMMP: Middle-mountain plain area

^{ns}not significant

Table 4. Comparison of low temperature germination and leaf discoloration.

Variety	Low temperature germination (%)	Seedling length (cm)	Initial elongation	Leaf discoloration (1~9)
Jungmo1022	96 [*]	18 ^{ns}	Good	4
Jinbu	79	19	Good	4

^{*}significant at 5% , ^{ns}not significant

출수지연, 불임발생 등의 장해형 냉해가 발생한다고 하였다(Ito et al. 1971). 우리나라에서 육성된 품종 중에서 내냉성이 강한 ‘진부’를 대비품종으로 하여 ‘중모1022호’의 내냉성 관련 특성을 검정한 결과는 다음과 같다. 본답에 이앙하여 활착기가 지난 후부터(이앙후 20일) 17°C의 냉수흘러대기로 저온 처리한 분얼기 적고 정도는 1~9로 단계를 주어 달관 조사결과 1정도의 내냉성 반응을 나타내었다. 냉수처리에 의한 출수지연일수는 자연구 대비하여 ‘중모1022호’는 8일 정도 지연되어 ‘진부’ 9일보다 출수지연일수가 1일 짧아서 내냉성이 강한 것으로 조사되었으나 통계적으로 유의성은 인정되지 않았다. 냉수를 처리한 시험구에서 자연구 대비하여 간장의 단축 정도를 측정하는 간장단축률은 대비품종 ‘진부’가 22%이었으나, ‘중모1022호’는 14%로 간장단축률이 낮아서 냉수에 의한 stress가 적은 것으로 판단된다. 내냉성 검정 포장에서 이삭의 추출도(1-9)는 ‘진부’가 7이고 ‘중모1022호’가 5로 조사되어 저온 stress가 적은 것으로 판단되고, 성숙기 내냉성 정도를 달관으로 조사하는 PA (Phenotypic acceptability)는 공시 계통 모두가 3정도로 조사되어 저온 처리에 강하게 반응하였다. 장해형 냉해는 17°C 저온 처리 온실에서 출수기와 감수분열기에 10일간 처리 후에 내냉성 정도를 임실률로 조사한 결과는 ‘중모1022호’가 감수분열기에 76%, 출수기에 64%였으나, 대비품종인 ‘진부’는 감수분열기 75%, 출수기 53% 보다는 임실률이 높게 조사되어 장해형 냉해에도 강하다는 결과를 얻었다(Table 5). ‘중모1022호’는 내냉성을 판단하는 여러가지 특성을 종합적으로 검토한 결과, 국내 육성품종 중에서 내냉성이 강한 ‘진부’와 비교하면 저온발아성, 출수지연일수, 간장단축률, 장해형 냉해인 감수분열기 와 출수기의 임실률에서 내냉성이 강한 반응을 보였고, 유효기 적고 및 종합적 내냉성(PA)은 비슷하게 조사되었다. Jeong et al. (2000)은 북한에서 수집된 유전자원 74점을 춘천의 냉수처리 포장에서 내냉성 관련 특성을 분석한 결과, 생육시기에 따라서 내냉성 정도의 차이가 있으며 지연형 냉해나 장해형 냉해에 모두 강한 반응을 보이는 자원은

거의 없었다고 보고하였다. 그러나 ‘중모1022호’는 저온발아성, 지연형 냉해 및 장해형 냉해에 강한 반응을 보이며, 내냉성이 강한 ‘진부’ 보다는 높은 수준의 내냉성을 가지고 있으며 산간고냉지에서 수량성도 높은 편이어서 벼 내냉성 품종을 육성하는 육종현장에서 유용한 내냉성 유전자원으로 이용성이 기대된다.

적 요

‘중모1022호’는 남한의 북부 산간고령지에 적응하는 내냉성 극조생 품종을 육성할 목적으로 2000년 하계에 내냉성이 강한 ‘진부31호’와 숙기가 빠르고 수량성이 높은 ‘교동23호’를 인공교배하였다. F₂에서는 춘천의 내냉성 검정 포장에서 내냉성과 초형이 우수한 계통을 선발하였고, F₃부터 F₇까지는 중북부고령지 진부시험지 포장에서 SR28990-B-7-2-1 계통을 선발하였다. 2008~2009년에 생산력검정을 실시하여 ‘진부48호’로 계통명을 부여하였으며, 2010~2012년까지 지역적응시험 3년을 실시한 결과 그 우수성이 인정되어 2015년 12월 농촌진흥청 직무육성신 품종선정위원회에서 내냉성 중간모본으로 선정됨과 동시에 ‘중모1022호’로 명명되었다. ‘중모1022호’의 본답생육일수는 우리나라 북부산간고령지 진부지역 보통기 재배에서 116일로 ‘진부’보다 7일 빠른 극조생종이다. 벼 간장은 67 cm로 ‘진부’ 69 cm보다 작은 단간이며, 이삭길이는 17 cm, ‘진부’와 동일 했으나, 수당립수는 91개로 진부며 73개보 많은 수중형이었다. ‘중모1022호’의 저온발아성은 96%로써 대비품종 ‘진부’보다 월등히 우수한 특성을 보였고, 초기신장성이나 유효기 적고는 ‘진부’와 비슷한 특성을 보였다. 내냉성 관련 특성은 냉수구의 출수지연일, 간장단축률에서 강한 반응을 보였고, 장해형 냉해 검정에서 감수분열기와 출수기 임실률이 높아 대비품종인 ‘진부’보다 벼의 전 생육기간에서 내냉성이 강한 반응을 보였다. ‘중모1022호’의 쌀수량은 중북부 산간고냉지인 진부에서 생산력검정시험에서 ha당 5.17톤으로 대비품종 ‘진부’보다 5% 증수되었고, 3년간

Table 5. Comparison of cold tolerance characteristics.

Variety	Heading delay (day)	Culm length reduction (%)	Panicle exsertion (1-9) ^z	Spikelet fertility (%)		Phenotypic acceptability (1-9) ^y
				Meiosis stage	Heading	
Jungmo1022	8 ^{ns}	14 ^{ns*}	5 ^{ns}	76 ^{ns}	64 [*]	3 ^{ns}
Jinbu	9	22	7	75	53	3

* significant at 5%, ^{ns} not significant

^zPanicle exsertion (1: Poor, 5: Ordinary, 9: Good)

^yPhenotypic Acceptability of tillering stage (1: Tolerance, 9: Susceptible)

지역적응시험에서 5.69톤으로 '진부'보다 2% 증수되었다. 극조 생종 내냉성 '중모1022호'는 벼 내냉성 품종을 육성하는데 매우 유용한 유전자원으로 활용이 기대된다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 이상기후 대비 벼 육성계통 내냉성 강화 및 검정기술 개선, 세부과제번호: PJ01315006)의 지원으로 수행된 결과의 일부입니다. '중모1022호'를 육성함에 있어 적극 협력하여 주신 국립식량과학원 벼 육종 연구팀 및 농촌진흥청 연구정책국 관계관 여러분께 깊이 감사 드립니다.

REFERENCES

1. Cho SY, Moon CS, Kim MK, Lee BC, Park NK, Choi HC, Choi YH, Kim KW, Rhee KH, Hong CK, Park RK. 1993. An early, cold tolerance and high quality rice variety 'Jinbubyeo'. RDA J Agri Sci 35: 62-69.
2. Hyun UJ, Lee JH, Jeong EG, Chang JK, Jung KH, Cho YC, Lee JH, Won YJ, Suh JP, Ahn EK, Jeong JM, Jeon YH, Seo DH, Kim JJ. 2019. An early, cold-tolerant and high-quality rice 'Jinhan' adaptable to northern central highland. Korean J Breed Sci 51: 489-495.
3. Ito N, Hayase H, Satake T, Nishiyama I. 1971. Male sterility caused by cooling treatment at the meiotic stage in rice. 3. Male abnormality at anthesis. Proc Crop Sci Soc Japan 39: 60-64.
4. Jeong EG, Yea JD, Back MK, Moon HP, Yoon KM. 2000. Cold tolerance in rice varieties of North Korea. Korean J Breed Sci 32: 45-50.
5. Jeong EG, Choi HC, Moon HP, Shin YB. 1997. Influence of low temperature at reproductive stage on rice grain quality. Korean j of Crop Sci 42: 805-809.
6. Kim KT, Choung JI, Kim BK, Shin SH, Ko JK, Park HK, Kim CK. 2006. Effect of cold water irrigation on rice grain quality. Korean J Intl Agri 18: 58-63.
7. Lee HS. 1970. Studies on the germinability of rice seeds at low temperature, 5. The physiological study on the varietal difference of the seed germinability at low temperature. Korean J Crop Sci 8: 37-45.
8. Nishiyama I. 1976. Effect of temperature on the vegetative growth of rice plants. Climate and rice IRRI 159-185.
9. Rural Development Administration (RDA). 2010. 2010 Project plan for collaborative research program to develop new variety of summer crop. pp. 5-48.
10. Rural Development Administration (RDA). 2011a. 2010 Report of new cultivars development and research in summer crop. pp. 5-215.
11. Rural Development Administration (RDA). 2011b. 2011 Project plan for collaborative research program to develop new variety of summer crop. pp. 5-50.
12. Rural Development Administration (RDA). 2012a. 2011 Report of new cultivars development and research in summer crop. pp. 5-171.
13. Rural Development Administration (RDA). 2012b. 2012 Project plan for collaborative research program to develop new variety of summer crop. pp. 3-49.
14. Rural Development Administration (RDA). 2013. 2012 Report of new cultivars development and research in summer crop. pp. 3-162.